MATHÉMATIQUES ET SCIENCES HUMAINES

M. REUCHLIN

Formes vides et contenus informes en recherche pédagogique

Mathématiques et sciences humaines, tome 36 (1971), p. 59-77.

<http://www.numdam.org/item?id=MSH_1971__36__59_0>

© Centre d'analyse et de mathématiques sociales de l'EHESS, 1971, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Mathématiques et sciences humaines » (http://msh.revues.org/) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (http://www.numdam.org/legal.php). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
http://www.numdam.org/

Math. Sci. hum. (9e année, n° 36, 1971, p. 59-77)

FORMES VIDES ET CONTENUS INFORMES EN RECHERCHE PÉDAGOGIQUE

par
M. REUCHLIN [1]

I. INTRODUCTION : LE PROBLÈME

Il y a bien des façons de pratiquer la recherche pédagogique. Le titre, un peu journalistique, que j'ai proposé pour cet entretien suggère une dichotomie. Essayons de définir, d'abord de façon un peu schématique, les deux catégories de travaux qu'il évoque.

1. La recherche formalisée

La formalisation porte sur la question à laquelle la recherche va s'efforcer de répondre. Par exemple, des problèmes pédagogiques les plus différents par leur contenu (et des problèmes relevant d'autres disciplines) peuvent être mis tous sous la forme d'hypothèse nulle. En ce sens, l'hypothèse nulle apparaît comme une forme de question indépendante du contenu sur lequel porte la question. On peut dire qu'il s'agit d'une forme abstraite, si l'on veut d'une forme « vide ».

La formalisation porte, en un autre sens, sur les observations qui vont servir à répondre. Ces observations sont mises sous forme numérique. On ne peut parler de mesure qu'en prenant le mot mesure, qui a plusieurs sens, dans son sens le plus large : attribuer des nombres aux choses selon certaines règles. L'énoncé de ces règles est ici l'instrument de formalisation. Par exemple :
Si A > B, on ne peut avoir B > A
Si A > B et B > C, alors A > C
sont des règles définissant une échelle ordinale, fondée sur la relation >.

Mais cette relation > peut correspondre aux réalisations empiriques les plus diverses, dans le domaine de la pédagogie et hors de ce domaine. C'est, en ce sens, une forme abstraite ou vide.

La formalisation porte enfin sur la suite des transformations que l'on est appelé à faire subir aux observations pour atteindre la conclusion. Ces transformations s'effectuent suivant des ensembles de règles opératoires, des algorithmes, dont chacun est bien spécifié. Ces algorithmes peuvent être, eux aussi, qualifiés de formes abstraites ou vides en ce sens qu'ils ne sont pas modifiés lorsqu'on modifie la nature des données sur lesquelles ils portent, au sein du domaine pédagogique ou à l'extérieur de ce domaine.

Pour parvenir à effectuer des recherches de ce type, la connaissance des règles de formalisation aux trois niveaux que nous avons évoqués est essentielle. La recherche pédagogique implique ici néces-

1. Université René-Descartes (Paris V). Exposé présenté au Séminaire Européen de Recherche en Éducation, Pont-à-Mousson, Septembre 1970.

sairement une formation technique propre. Par contre, le chercheur de ce type n'est pas nécessairement un praticien en exercice, ni même nécessairement un ancien praticien.

S'il fallait rechercher les origines de cette forme de recherche, il faudrait évoquer Laplace, Quetelet et surtout Galton. Il faudrait ensuite peser l'influence des progrès de l'algèbre moderne qui s'oppose à certains égards à la pensée statistique plus ancienne, mais qui surtout tend à donner aux modèles statistiques un statut logique différent. Il faudrait également peser l'influence qu'a eu, dans notre domaine, le courant de pensée structuraliste, qui a puissamment contribué à mettre en honneur l'étude des formes, même lorsqu'il rejette la distinction que nous faisons ici entre forme et contenu.

Sans développer ces considérations relatives à l'histoire des idées, il convient de se tourner vers la seconde catégorie de travaux que ma distinction initiale propose d'envisager. Elle est plus difficile à définir que la première.

2. La recherche non formalisée

Le chercheur ici est nécessairement un enseignant qui ne peut chercher que dans la mesure où il enseigne. Il n'a pas besoin de formation technique spécialisée.

En effet, il procède par saisie intuitive immédiate de situations globales significatives. Comprendre, pour lui, c'est essentiellement parvenir à cette saisie intuitive. Cette compréhension peut ici s'opposer à une explication, si ce dernier terme implique une analyse en termes de chaînes causales. Ou bien, le vocabulaire étant ici plus flottant, on dira que l'on a expliqué lorsqu'on pensera avoir compris.

Une telle compréhension ne peut se définir que par un contenu : le contenu de la conscience de l'enseignant, sa façon de concevoir et surtout de vivre la relation pédagogique dans laquelle il est impliqué. Il en résulte que ce contenu est en principe propre à cet enseignant dans cette situation, ce qui n'est pas sans poser de sérieux problèmes.

— *Problèmes de généralisation.* Cette façon de penser peut conduire à nier la possibilité de toute généralisation, donc de toute recherche en pédagogie. On en vient à admettre qu'il n'y a pas, en pédagogie, de loi générale à découvrir et à appliquer, mais seulement des cas d'espèce et un art permettant de les aborder. Ou bien, et de façon peut-être contradictoire, on postule que cette infinie diversité n'est que de surface, que la nature humaine est *une* et que le pédagogue qui l'atteint par la compréhension profonde de l'un de ses élèves en retire un enseignement fondamental qui vaut pour tous.

— *Problèmes de communication.* Comment communiquer à autrui le contenu d'une expérience pédagogique qui est unique (propre à un enseignant dans une situation) ? L'emploi d'un langage implique l'usage de concepts, d'une syntaxe dont les contenus et les règles soient communs. Dans la mesure où une expérience a un contenu unique, ce contenu est informulable *a fortiori* informalisable. C'est ici le point d'opposition essentiel entre les deux catégories, c'est ici que l'on peut parler, en ce qui concerne la seconde, de « contenus informes ». Le seul moyen de communication consiste à essayer d'évoquer, chez autrui, un contenu de conscience identique ou voisin de celui que l'on éprouve. C'est ce qui explique sans doute la place que tient l'art du littérateur dans la recherche pédagogique ainsi comprise.

Si l'on devait chercher les origines de cette seconde façon de voir, on devrait d'abord sans doute évoquer, de façon très diffuse, une certaine philosophie humaniste, pour laquelle l'homme est un objet de connaissance à part dans la nature. De façon plus spécifique, on devrait sans doute examiner les apports d'un Dilthey distinguant sciences de la nature pouvant porter sur des lois, être nomothétiques, et sciences de la culture portant nécessairement sur des faits individualisés selon une méthode « idiographique ».

On devrait également peser l'influence de Bergson affirmant l'impossibilité de quantifier les « données immédiates de la conscience » ; l'influence de la lignée phénoménologiste et existentialiste de Brentano à Jaspers, opposant compréhension et explication, etc.

J'ai présenté jusqu'ici cette « pédagogie du contenu» comme une école de pensée ayant une doctrine et une attitude quelque peu militante. Je voudrais ajouter que, dans l'esprit de chacun de nous, les problèmes pédagogiques ont un certain contenu, cette expression pouvant évoquer, de façon atténuée, un mode de connaissances se rattachant de plus ou moins loin à la « pédagogie du contenu» dont j'ai parlé.

En effet, nous tirons tous de notre expérience individuelle d'enseignant ou de parent une certaine connaissance immédiate de ce dont nous parlons lorsque nous parlons pédagogie. Cette connaissance immédiate a un caractère global, intuitif. Nous serions souvent incapables d'en présenter un tableau analytique articulé, et l'on peut parler ici aussi, pour cette raison, de contenu informe. Nous serions également incapables de rattacher chacun des éléments de cette connaissance des expériences empiriques particulières sur lesquelles il se fonde. On peut imaginer que cette expérience commune se fonde sur une statistique implicite d'observations antérieures. Mais des systèmes de pondération très différents peuvent être utilisés par des personnes différentes. De même dans l'évocation de cette connaissance intuitive commune, la mémoire de chacun de nous apparaît comme un mécanisme hautement sélectif et spécifiquement sélectif.

3. Rapports entre ces deux conceptions

Voilà sommairement définies deux façons de concevoir la recherche pédagogique. Nous savons que, dans tous les pays du monde, elles sont en conflit.

Je ne me présente pas ici en conciliateur, disposé à vanter les mérites propres de chacune des deux attitudes. Ce sont là de bonnes paroles, propres à maintenir une paix académique qui, en la matière est une paix dans la stérilité.

Je me rattache ouvertement à la première des deux attitudes. Je pense qu'elle seule peut définir une *recherche* en pédagogie. J'entends par là une activité propre à développer le corps des connaissances objectives, c'est-à-dire *publiques*, explicitement *transmissibles* et par là *cumulables*.

Je suis cependant très loin de penser que l'utilisation en pédagogie de ces méthodes formalisées de recherche ne soulève aucune espèce de difficulté.

Les manifestations de ces difficultés, à mes yeux, ne manquent pas.

Ainsi, il n'est pas douteux que les cas où ces méthodes s'appliquent de la façon la plus intéressante sont les cas où elles sont utilisées sur des données numériques artificielles, spécialement construites pour présenter un problème dans la forme même requise par les méthodes dont il s'agit. J'ai eu beaucoup de plaisir à illustrer un livre sur l'analyse factorielle par des calculs exécutés sur des données numériques de ce type.

Ces méthodes apportent également de grandes satisfactions lorsqu'elles sont appliquées à des données empiriques prises simplement comme matériel d'un calcul, c'est-à-dire détachées complètement du contexte dont elles ont été tirées ; les résultats n'ayant pas non plus à être réinsérés dans ce contexte.

Les difficultés apparaissent dans les cas où ce contexte ne peut être éliminé, c'est-à-dire dans les cas où les variables prises en considération par la recherche ne constituent qu'une fraction, souvent petite, de l'ensemble de variables représentant la situation pédagogique qui doit être décrite, ou qui doit être expliquée, ou à propos de laquelle un pronostic doit être émis.

Tout se passe parfois comme si les formes vides dont le chercheur dispose n'avaient pas une capacité suffisante pour recevoir tout le contenu qu'on souhaiterait y insérer, comme si leurs structures étaient trop simples pour que ce contenu, tout informe qu'il soit en principe, y trouve place.

Cela explique peut-être pour une part que peu de recherches pédagogiques formalisées aient eu des conséquences importantes sur la pratique de l'éducation.

Cela explique peut-être aussi que les méthodes de cette recherche pédagogique formalisée soient surtout développées dans les ouvrages méthodologiques. Certains de ces développements paraissent constituer des fins en soi. Il y est toujours possible de présenter une méthode sous une forme réduite, simplifiée et de laisser au lecteur le soin de généraliser à des cas plus complexes. Ces cas plus complexes sont ceux que l'on rencontre concrètement mais la généralisation présente malheureusement parfois des difficultés insurmontables.

Il arrive que les travaux d'un même chercheur comprennent deux groupes :

— Des travaux de méthodologie pure d'une complexité élevée, illustrés d'exemples choisis.

— Des travaux de recherche appliquée dans lesquels ces méthodes complexes ne sont pas employées.

C'est ainsi que Samuel A. Stouffer, dont la compétence statistique est établie par de nombreuses publications, a évolué vers l'analyse intuitive de tables de contingence, et cette analyse intuitive est également préconisée par un statisticien aussi éminent que Paul F. Lazarsfeld (Boudon, 1967, pp. 157-8).

Je serais mal placé pour juger que ces évolutions sont dérisoires : mes thèses sont des ouvrages méthodologiques, mais lorsque je dois dépouiller une enquête psycho-socio-pédagogique j'essaie seulement de réfléchir sur des tableaux de pourcentages. C'est ce que nous avons fait notamment dans un livre publié l'an dernier avec F. Bacher.

Il semble que ces difficultés pourraient être résumées ainsi.

Dans l'application à des données empiriques, les méthodes formalisées ne peuvent se suffire à elles-mêmes, dans l'état actuel des choses. Elles font nécessairement appel à des connaissances relatives au contenu auquel on les applique, connaissances qui n'ont d'autre fondement que l'expérience commune, la compréhension intuitive.

Ce fait explique notamment que des chercheurs rompus au maniement des méthodes de la recherche formalisée hésitent à employer ces méthodes, dès lors qu'ils ne peuvent le faire sans utiliser, simultanément, un mode de connaissance dont ils savent combien les fondements sont mal assurés.

Je voudrais illustrer de plusieurs exemples cette « intrusion » de connaissances intuitives relatives aux contenus pédagogiques dans la mise en œuvre des méthodes formalisées et chercher quelles conséquences on peut en tirer sur différents plans.

II. RÔLE DES CONTENUS DANS LA FORMALISATION DES HYPOTHÈSES ET DES OBSERVATIONS

A. LA FORMALISATION DES HYPOTHÈSES

Il est bien connu que la *nature* des hypothèses mises à l'épreuve au cours des recherches formalisées dépend des connaissances non formalisées qui sont disponibles dans le domaine considéré. Il resterait peut-être à préciser comment s'opère le passage de cette connaissance implicite à l'hypothèse formelle explicite : cela serait un sujet de discussion extrêmement important, et d'un grand intérêt heuristique. Mais ce n'est pas notre sujet : nous nous limiterons à des remarques portant sur la forme même que l'on choisit de donner à l'hypothèse explicite.

1. L'HYPOTHÈSE NULLE

La forme classique est celle de *l'hypothèse nulle.*

Si l'on s'interroge sur l'association entre le sexe et les résultats en mathématiques au sein d'une certaine population d'élèves, on fera l'hypothèse d'une différence nulle entre les paramètres décrivant la moyenne des garçons et la moyenne des filles dans cette population.

On calcule la différence entre les estimations de ces deux paramètres et l'on cherche à savoir si une telle différence peut apparaître souvent lorsque l'hypothèse nulle est vraie.

Quel intérêt *pédagogique* présente l'hypothèse testée (rigoureuse égalité des moyennes) ?

Si nous réinsérons un contenu pédagogique dans l'hypothèse, la question qui nous intéressera sera de savoir si une éventuelle différence entre les deux moyennes *atteint ou dépasse une certaine amplitude*, à partir de laquelle il deviendra nécessaire d'envisager des mesures pédagogiques (méthodes différentes pour enseigner les mathématiques aux filles et aux garçons, progression plus lente pour un sexe que pour l'autre, etc.). La forme de l'hypothèse n'est plus alors : $M_G - M_F = 0$ mais $| M_G - M_F | \leqslant d$.

La difficulté, bien entendu, est d'assigner une valeur à d. On ne pourra le faire qu'à partir de considérations pédagogiques tirées sans doute du contenu de l'expérience commune (degré d'hétérogénéité souhaitable ou tolérable). La responsabilité de définir le critère déterminant la conclusion, est ainsi transférée du statisticien au pédagogue.

Certes, il y aura une part de subjectivité et d'arbitraire dans la décision que prendra celui-ci sur la valeur de d. Mais on tend à oublier la part d'arbitraire que recèle le choix de l'hypothèse nulle.

— *La valeur 0* pour la différence est une valeur arbitrairement choisie parmi une infinité d'autres. Il en résulte d'ailleurs que la probabilité pour que la valeur vraie de d soit exactement 0 est infiniment petite. Cela a une conséquence pratique souvent éprouvée par les chercheurs : il suffit d'accroître suffisamment les effectifs utilisés pour que *toutes* les hypothèses nulles testées soient rejetées, sans que cela présente le moindre intérêt théorique ou pratique. Cet inconvénient n'existe plus si l'hypothèse ne porte plus sur une valeur spécifique de la différence (0), mais seulement sur une *limite*.

— *Le choix d'un seuil* de signification. Il est seulement fondé sur l'usage. La part d'arbitraire est ici bien plus grande que celle qui entacherait le choix d'une valeur pour d en se fondant sur des considérations pédagogiques.

Ceci constitue un exemple dans lequel la prise en considération du contenu pédagogique peut conduire à modifier les usages présidant à l'emploi des méthodes formelles.

2. Structuration des hypothèses

Supposons que nous fassions subir quatre tests à un échantillon comprenant des filles et des garçons, dans une recherche relative à des différences éventuelles entre les sexes.

Dans aucun des quatre tests la différence entre filles et garçons n'atteint le seuil de signification choisi. Mais les quatre différences sont de même signe.

Nous sommes devant une alternative : ou bien nous considérons que les quatre tests correspondent à quatre hypothèses indépendantes, et alors aucune n'est vérifiée ; ou bien nous considérons qu'il s'agit de quatre observations relatives à la *même* hypothèse, et dans ce second cas la probabilité d'obtenir par hasard quatre fois le même signe nous apparaîtra sans doute suffisamment petite pour que nous acceptions de rejeter l'hypothèse d'une égalité des garçons et des filles dans la série d'épreuves utilisée.

Considèrerons-nous que nous sommes dans le premier cas ou dans le second ?

En principe, la formulation des hypothèses a dû être antérieure à l'observation des résultats. Je doute que l'on puisse attribuer un sens chronologique précis à l'expression *a priori*. Aucun chercheur ne travaille en scellant chaque soir dans une enveloppe datée ses réflexions ou résultats de la journée. Peu importe qu'une hypothèse ait été formulée historiquement à une date ou à une autre. Dans l'expression *a priori* il y a surtout l'idée d'une indépendance logique suffisamment plausible entre l'hypothèse et les résultats qui la confirment ou l'infirment.

Le problème est alors de savoir si l'on peut trouver de façon plausible, dans notre exemple, une hypothèse unique dont les quatre observations pourraient passer pour des vérifications.

Cette plausibilité de l'hypothèse dépendra alors de ce que l'on sait communément sur le contenu du problème dont il s'agit. Voilà de nouveau introduites des informations implicites, à propos desquelles des pédagogues différents ne seront pas nécessairement d'accord. Dans un tel cas, il existe une possibilité d'affermir le résultat par récurrence (nouvelle recherche pour confirmer ou infirmer la plausibilité provisoirement admise).

B. LA FORMALISATION DES OBSERVATIONS

1. Construction des variables

Les méthodes formalisées de recherche pédagogique ne peuvent utiliser que des observations mises sous forme de variables, c'est-à-dire sous forme de classes d'éventualités (ou plus précisément de classes de classes d'éventualités).

Les règles qui sont adoptées pour établir ces classes et ces classes de classes ont pour toute la suite de la recherche une importance décisive, puisque leur ensemble constitue le code ou la grille qui se trouve « à l'entrée » des procédures formelles de traitement dont sortiront les descriptions ou explications qui constituent les objectifs de la recherche.

On remarquera que ces règles, que l'on peut considérer comme des règles de construction des variables, ne sont pas indépendantes des connaissances antérieures et implicites relatives au contenu pédagogique qu'elles vont formaliser.

Le mode de définition des variables qui paraît le plus solidement fondé est bien connu : c'est la définition opératoire ou opérationnelle. Elle se suffit en principe à elle-même, et n'a besoin d'aucune référence à une connaissance antérieure du domaine.

Il est cependant tout à fait clair que l'on ne nommera pas n'importe quel assemblage de questions « épreuve de français », ou que l'on ne combinera pas n'importe quelles observations pour établir une « mesure du niveau socio-économique de la famille ».

Ce sont des préconceptions plus ou moins explicites qui dictent le choix d'un certain type de questions ou d'un certain type d'observations et les regroupements en classes et classes de classes des éventualités observées. Les définitions opératoires et l'usage que l'on en fait apparaissent donc comme des moyens de préciser les concepts du sens commun, d'en apprécier la cohérence et la valeur heuristique. Ces concepts du sens commun sont les points de départ d'une procédure de formalisation qui permettra d'épurer leur contenu de ce qu'il peut avoir d'incohérent ou de stérile et éventuellement de l'enrichir.

Ce qui vient d'être dit de la constitution des variables s'applique également à la constitution de groupes de variables. Il est rare que l'on se fonde uniquement sur une méthode formelle d'analyse dimensionnelle comme l'analyse factorielle pour établir ces groupes. C'est plus souvent une évidence fondée sur connaissance antérieure non formalisée qui nous conduit à distinguer les caractéristiques culturelles de la famille de ses caractéristiques économiques, les aspects du milieu scolaire et le groupe des caractéristiques individuelles.

2. Fondements de la mesure

Ce qui précède concerne la façon dont sont constituées ces classes de classes d'éventualités que l'on appelle variables.

Mesurer c'est, dans le sens le plus large, faire correspondre un nombre à chacune des classes d'une variable, selon certaines règles. Ces règles concernent la correspondance entre les relations que l'arithmétique établit entre les nombres et les relations que l'observateur constate ou postule entre ses classes d'observations.

Par exemple, au niveau des échelles nominales, les nombres sont pris comme des symboles différents. Les classes, à ce niveau, doivent seulement être disjointes et c'est la charge de l'observateur de faire en sorte qu'il en soit ainsi.

Au niveau des échelles ordinales, les nombres sont pris comme des symboles ordonnés, et il incombe à l'observateur de définir une relation ou opération empirique > dont les propriétés empiriques soient isomorphes à celles de la relation algébrique, etc.

Les connaissances implicites sur le contenu pédagogique devant constituer l'objet de la mesure jouent un rôle important dans le choix d'un fondement à l'opération de mesure.

a) Niveau de l'échelle de mesure

Aux différentes classes d'une échelle nominale peuvent être associées des moyennes dans une variable dépendante (ex. : moyennes dans un test des différentes écoles d'une ville). Ces différences peuvent être suffisamment faibles pour n'être pas significatives.

Mais si nous trouvons un moyen d'ordonner les classes de l'échelle nominale, et que nous constations que les moyennes sur la variable dépendante s'ordonnent de la même façon, la conclusion du chercheur changera : il dira qu'une association existe entre cette ordination des écoles et le test.

Or ce passage du niveau nominal au niveau ordinal peut se faire en fonction de ce que nous savons de façon implicite et globale sur le contenu des classes de l'échelle nominale (différences dans les capacités « éducogènes » de milieux socio-professionnels différents, de la ville et de la campagne, etc.).

b) Définition des classes d'une échelle nominale

Il arrive fréquemment que le chercheur en pédagogie soit amené à opérer des *regroupements* portant sur les classes d'une échelle nominale (profession du père par exemple).

Pour illustrer formellement l'importance de cette opération il suffit de considérer une table de contingence entre deux variables dont l'une est l'échelle nominale en question. On calcule un coefficient de contingence (C) ou une quantité d'information transmise (R) en utilisant successivement deux regroupements différents des classes de la variable nominale, l'autre variable gardant la même forme. On s'aperçoit en général que le coefficient de contingence ou la quantité d'information transmise varie suivant le regroupement adopté.

Or, en général, ce regroupement se fonde seulement sur ce que l'on sait *a priori*, de façon intuitive et non formalisée, sur le « contenu » des échelons à regrouper. On peut substituer à cette connaissance du contenu des considérations purement formelles telles par exemple que le désir d'égaliser autant que possible les effectifs des deux classes d'une dichotomie. Ces considérations peuvent être dépourvues de tout intérêt pédagogique si elles conduisent à deux classes qu'une connaissance *a priori* permet de juger hétérogènes quant à leur contenu. L'interprétation d'une telle dichotomie et de ses liaisons avec d'autres variables peut devenir impossible.

Il serait plus intéressant d'utiliser les variations de C ou de R en fonction des regroupements pour essayer d'apprendre quelque chose sur la structuration « naturelle » des échelons de la variable nominale.

c) Passage d'une échelle ordinale à une échelle d'intervalles

L'un des procédés consiste à imposer une forme à la distribution de l'échelle d'intervalles. On a parfois imposé une forme rectangulaire (décilage, « percentilage ») ; d'autres fois une forme « normale ».

Le choix peut être considéré comme indifférent par le mathématicien à qui il suffira que les utilisations ultérieures de l'échelle d'intervalles ne lui supposent pas une distribution différente de celle qui lui a été donnée par construction ; ou bien qui utilisera des statistiques indépendantes de la forme de la distribution.

Il n'en va pas ainsi au point de vue du pédagogue. Une échelle rectangulaire accordera plus d'importance aux facteurs qui différencient les sujets moyens qu'aux facteurs qui différencient les sujets extrêmes, et l'on ne peut être assuré que ces deux groupes de facteurs soient les mêmes. Pratiquement, le changement de forme pourra se traduire, par exemple par le fait que le même pronostic de réussite sera fait pour deux sujets si l'on utilise une forme de distribution, alors que deux pronostics différents seront émis avec une autre forme.

Or les informations qui permettent de juger que telle forme de distribution convient mieux à la réalité pédagogique que telle autre forme (question dépourvue de sens pour le mathématicien, répétons-le, et qui ne prend un sens qu'au niveau de la recherche empirique) sont uniquement de nature intuitive, et ne relèvent que d'une connaissance non formalisée. On jugera, par exemple, qu'il y a « dans la nature » davantage de sujets moyens que de sujets extrêmes, que les différences entre deux sujets sont moins importantes au voisinage de la moyenne qu'aux extrémités de la distribution. On constatera qu'il est facile d'obtenir une distribution grossièrement normale avec n'importe quelle série de questions à peu près adaptées au niveau de la population, alors qu'une distribution rectangulaire ne s'obtient jamais directement. Les praticiens feront mention de la commodité relative des deux types d'échelles, etc.

III. RÔLE DES CONTENUS DANS L'EMPLOI DES MÉTHODES FORMALISÉES DE DESCRIPTION

Des considérations fondées seulement sur la forme des données traitées ne suffisent pas non plus à guider l'emploi des méthodes descriptives formalisées.

L'analyse de variance

a) L'interaction

On sait que lorsqu'une *interaction* est présente entre deux facteurs de classification, il n'y a plus de sens à décrire l'effet de chacun d'eux pour la population globale. Si dans un test la différence entre filles et garçons n'est pas la même à la ville et à la campagne, il n'y a plus de sens à décrire cette différence pour la population nationale. Il faut l'estimer pour chacun des deux milieux, ville et campagne, séparément, ce qui entraîne la même remarque pour la différence ville-campagne.

Pour savoir à quelle échelle une description a un sens non ambigu, il faut donc connaître les interactions susceptibles d'exister entre le facteur considéré et d'autres facteurs.

Cette connaissance peut être explicite pour les facteurs introduits dans l'analyse. Mais tous ne peuvent l'être, et le problème existe aussi pour ceux qui ne sont pas introduits.

Pour ceux-là, on ne peut se fonder que sur un jugement de vraisemblance relatif à l'existence et à l'importance d'éventuelles interactions, jugement tiré de l'expérience intuitive non formalisée du chercheur. Le risque d'erreur de jugement est plus grand si le nombre de variables explicitement introduites dans l'analyse est très faible : c'est l'une des raisons qui justifient le sentiment de fragilité et d'artifice que l'on ressent devant les recherches portant sur un nombre très réduit de variables.

Cette démarche, consistant à fonder sur la connaissance intuitive des hypothèses concernant les relations entre des variables explicitement introduites dans la recherche et d'autres variables qui n'y figurent pas, n'est pas propre aux problèmes d'interaction. Nous la retrouverons tout à l'heure à propos des méthodes formalisées d'explication.

C'est un des cas où une certaine connaissance implicite des contenus constitue une sorte de préalable à une connaissance formalisée.

Un affaiblissement de la remarque précédente consistera à remarquer que l'étendue de la population que l'on décide de décrire par des indices statistiques uniques (une note moyenne unique, par exemple), dépend le plus souvent de ce que l'on sait implicitement sur les facteurs de différenciation en jeu au sein de cette population.

Ainsi, S. F. Peaker se demande, à propos de la présentation et de l'analyse des résultats de l'enquête I E A, s'il sera utile de procéder à une analyse globale de l'ensemble des résultats individuels, ou s'il vaut mieux fractionner cette analyse par pays. La réponse dépend, dit-il très justement, de l'importance relative des conditions communes aux différents pays et des conditions différentes. Cette pondération de ce qui est « commun » et de ce qui est « différent » ne peut se faire, à mon avis, qu'à partir d'une connaissance globale implicite du contenu des problèmes pédagogiques dans les différents pays.

J'ajoute que la question ne se pose pas seulement entre pays. Les participants français au projet I E A ont par exemple, affirmé que l'ensemble des élèves français de 14 ans ne constituent pas, d'après ce qu'ils en savaient implicitement, une population suffisamment homogène pour justifier une description globale unique, qui, d'après eux, aurait été dépourvue de sens.

Une discussion sur ce point s'est engagée entre eux et des responsables internationaux ayant une opinion différente, discussion difficile précisément parce que les arguments ne peuvent être ici explicites ni formalisés.

b) Le calcul des « effets »

Ma seconde remarque sur l'analyse de la variance (A V) illustrera l'idée que le « mode d'emploi » des méthodes formalisées peut être guidé par des considérations de contenu. Elle rejoindra et généralisera ce qui a été signalé plus haut à propos de l'hypothèse nulle.

Elle portera sur la façon d'exprimer les résultats d'une A V comportant 2 ou 3 facteurs de classification.

Souvent les résultats publiés se limitent au tableau classique fournissant les sommes de carrés, les degrés de liberté, les carrés moyens et les rapports F de Snedecor testant la signification des contributions attribuées aux différentes sources de variation.

Cet aspect des résultats répond sans doute à l'aspect purement formel du problème statistique posé à l'analyste. Mais si cet analyste est un pédagogue, il devra interpréter ce résultat en termes de contenus pédagogiques. Pour cela, il aura bien entendu besoin des moyennes observées pour chaque éventualité de chacun des facteurs. Ces informations sont assez souvent fournies.

Mais notre pédagogue aura également besoin, si des interactions sont présentes, d'un type de résultats qui n'est fourni que très rarement. Je veux parler des *effets*.

On sait qu'il s'agit des écarts à la moyenne générale qui caractérisent *en propre:*

— Chaque éventualité de chaque facteur de classification,

— Chaque combinaison de 2 éventualités,

— Chaque combinaison de 3 éventualités.

La valeur numérique, et même le signe de ces effets, ne sont pas évidents dans une A V à 3 facteurs où certaines interactions sont présentes, ce qui vide de tout contenu pédagogiquement interprétable la constatation formelle que telle ou telle interaction est significative.

Par exemple, le fait de savoir seulement que l'interaction double *sexe* × *type d'établissement* × *profession du père* est significative ne nous fournit aucun élément d'interprétation pédagogique. Il n'en va plus de même si le calcul des effets nous permet de constater que la situation d'un garçon fils d'agriculteur fréquentant un collège comporte un élément défavorisant *spécifique* (c'est-à-dire non déductible de ce que l'on sait des effets des 3 facteurs principaux et des 3 interactions simples). Je vous signale que ce calcul des effets est fort bien exposé dans le traité de statistiques de Winer, et que l'on trouve l'un des trop rares exemples de son emploi dans Lesser, Fifer et Clark (1965).

On voit que, dans cet exemple, ce ne sont plus, comme dans le précédent, des éléments de connaissance implicite *antérieurs* à la recherche formelle qui peuvent exercer une influence sur son déroulement. C'est la nécessité d'exprimer les résultats de la recherche sous une forme facilitant leur interprétation dans le contexte des contenus pédagogiques connus de façon implicite et non formalisée.

2. L'ANALYSE FACTORIELLE

a) Les rotations aveugles

Les rotations doivent-elles être « aveugles» ?

C'est un cas dans lequel on a discuté pour savoir si des connaissances (implicites ou explicites) *antérieures* à la mise en œuvre d'une méthode formalisée (rotations) devaient ou non intervenir dans cette mise en œuvre.

Le problème est connu. L'analyse factorielle (A F) fournit une table de « saturations en facteurs» (nous les supposerons ici orthogonaux pour simplifier) qui, multipliée par sa transposée, permet de retrouver la table de corrélations initiales, à une certaine approximation près (ce qui fait dire, en un sens que nous aurons à discuter plus loin, que ces saturations « expliquent» les corrélations). Mais on sait que cette solution en facteurs n'est pas unique. N'importe quelle transformation orthogonale de la première matrice de saturations en fournit une seconde ayant, comme la première, la propriété d'« expliquer» les corrélations observées. Le problème est alors de choisir l'une des solutions possibles. Ce problème, sous une forme géométrique, est celui des rotations.

Le problème qui nous concerne ici est celui de savoir si les connaissances antérieures relatives au contenu sur lequel porte l'analyse doivent ou non intervenir dans le choix de l'une des solutions possibles.

Si l'on écarte les critères de choix fondés sur des connaissances antérieures, il faut se donner d'autres critères. Ce sont des critères formels, dont le plus classique est la structure simple qui permet en principe de formaliser les attentes d'un expérimentateur, ou d'un enquêteur, analysant une série de variables observées placées sous la dépendance d'un petit nombre de causes communes de variation, chaque cause n'affectant que certaines de ces variables observées.

Mais l'A F est souvent utilisée dans des cas où le recueil des observations ne s'est pas fait suivant une hypothèse permettant des prévisions aussi spécifiées. Elle est utilisée parfois sans hypothèse préalable, à seule fin de chercher à décrire des groupes parmi des variables observées trop nombreuses. Dans ces cas, il est possible que plusieurs groupements présentent à peu près le même degré de « simplicité». Il est tout à fait nécessaire alors, à mon avis, de choisir celui de ces groupements nous fournissant des facteurs dont nous jugeons le contenu cohérent, en fonction de ce que nous savons implicitement sur les variables analysées. Je pense même que ce critère non formalisable de contenu cohérent et interprétable doit primer sur celui de la simplicité formelle.

Cette opinion est sans doute à rapprocher de celle que j'ai émise plus haut, suivant laquelle le caractère plausible d'une hypothèse importait plus que la date à laquelle elle avait été émise.

Ici, c'est aussi le caractère plus ou moins plausible d'un groupement de variables, c'est-à-dire en un sens son caractère plus ou moins heuristique, compte tenu de ce que nous savons implicitement déjà du domaine, qui nous le fera choisir parmi d'autres possibles. C'est donc un cas où le déroulement d'une méthode formalisée d'analyse est influencé par la nécessité dans laquelle se trouve le pédagogue de pouvoir réinsérer ses résultats dans un certain contexte.

De cette discussion, il ressort aussi qu'il n'existe aucune raison fondamentale de penser que la solution dont la forme est « la plus simple» soit nécessairement, pour cette seule raison, la plus vraisemblable. Rien ne prouve que la nature choisit toujours la solution la plus économique. Peut-être même pourrait-on défendre la thèse contraire et présenter la nature comme plus soucieuse de « fiabilité» que d'économie. On sait que L. Guttman a défendu l'idée que la solution la plus probable, dans ce genre de problèmes, était celle d'une multiplicité de causes, de facteurs et les méthodes d'A F qu'il a présentées répondent à cette idée (simplex, circumplex, ...).

Cette limitation à l'intérêt que présente la recherche, par rotation, d'une structure formellement « simple» qui ignorait le contenu va nous conduire à discuter dans le même esprit de l'intérêt que présentent, en A F, d'autres critères formels d' « économie».

b) *Facteurs orthogonaux et composantes principales*

Certains utilisateurs éminents de l'A F comme J. P. Guilford ou C. Burt, emploient systématiquement des facteurs orthogonaux. Parmi les raisons qui sont données pour justifier ce choix, une raison formelle tient la place centrale : dans une suite de facteurs orthogonaux, l'information apportée par chaque facteur est indépendante de l'information apportée par l'ensemble des facteurs antérieurs. Il est donc, en un certain sens, plus économique d'ajouter un facteur orthogonal qu'un facteur oblique à une série de facteurs : on évite de répéter inutilement une partie de l'information antérieure.

Cette préoccupation s'exprime pleinement dans la méthode d'A F « en composantes principales» attribuée en général à H. Hotelling. Dans cette méthode, comme on le sait, chaque facteur orthogonal à son tour rend compte de la plus grande quantité possible de la variance des observations.

Si nous ne nous considérons plus comme impérativement liés par des critères formels d'économie, nous pourrons nous demander si les facteurs orthogonaux constituent un cadre descriptif plausible pour des données pédagogiques. Ils suggèrent l'existence d'un certain nombre de sources de variations statistiquement indépendantes les unes des autres. L'expérience commune en pédagogie paraît au contraire suggérer souvent que les sources de variations sont liées les unes aux autres soit parce que plusieurs sont liées à la même cause (niveau culturel et économique de la famille), soit parce qu'elles interagissent les unes sur les autres (attitude de l'élève et attitude du maître). Si nous agissons en chercheurs en pédagogie et non en statisticiens « neutres», je pense que nous aurons souvent plus de raisons d'utiliser des facteurs obliques que des facteurs orthogonaux, la position de ces facteurs obliques dépendant de la position des faisceaux de vecteurs représentant les variables observées dans l'espace des facteurs communs.

De même, un intérêt centré sur le contenu plus que sur la forme nous détournera d'employer nécessairement les composantes principales. Il n'y a aucune raison pour que le facteur rendant compte du maximum de variance dans l'échantillon limité de variables observées qui ont été effectivement utilisées soit celui qui ait la valeur heuristique la plus grande dans l'ensemble du domaine pédagogique dont cet échantillon de variables a été extrait. On pourrait même dire que les solutions les plus économiques à l'échelle de chacun des échantillons de variables risquent fort d'être toutes différentes, de telle sorte que leur ensemble fournira un tableau plus complexe que celui que l'on s'efforcera d'atteindre en tenant compte, au cours de chaque analyse partielle, de l'existence latente d'un domaine beaucoup plus large. Cette prise en considération du contexte ne peut se fonder, en général, que sur une connaissance globale, implicite, non formalisée.

Ces exemples tendent à illustrer l'idée que des critères différents peuvent être adoptés pour lever l'indétermination inhérente à une méthode formalisée comme l'A F, selon que l'on adoptera uniquement un point de vue formel comme un statisticien peut le faire, ou que l'on tiendra compte du contenu comme doit le faire un chercheur en pédagogie.

3. L'analyse de régression

L'analyse de régression (A R) sera considérée d'abord comme une méthode formalisée de description de données. Ces données sont une série de variables, série au sein de laquelle une variable présente pour le chercheur un intérêt spécial. Ce sera par exemple le résultat scolaire, dont on voudra décrire les associations avec plusieurs autres variables telles que le revenu de la famille, le nombre d'élèves dans la classe, un test d'intelligence. Ces autres variables pourront être en corrélation entre elles et, en général, elles le seront.

Partant de l'ensemble des corrélations observées entre variables supposées standardisées, l'analyse fournit les coefficients β d'une équation de régression de la forme :

$$\hat{X} = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \ldots$$

$\hat{X}$: Résultat scolaire « prédit » à partir de X_1, X_2, X_3,

X_1 : Revenu de la famille,

X_2 : Nombre d'élèves dans la classe,

X_3 : Test d'intelligence.

Si X_0 est le résultat scolaire observé, R est la corrélation entre $\hat{X}_0$ et X_0. (Sur l'A R en général voir, outre Boudon et Peaker déjà cités, R. B. Darlington et le chap. 5 par H. M. Blalock de l'ouvrage de H. M. et A. B. Blalock.)

L'A R offre un moyen de décrire les associations entre X_0 et les autres variables qui est plus raffiné que la corrélation totale : les β tiennent compte des corrélations entre prédicteurs. β_1 par exemple, permet de décrire la variation de X_0 associée à un accroissement donné de X_1, *les deux autres variables étant constantes* et cela, malgré le fait qu'il existe, par exemple, une corrélation entre X_1 et X_3.

Cette comparaison directe des β est donc, en un certain sens, un moyen de comparer l'importance *propre* de chacune des variables X_1, X_2, X_3, sous l'angle de leur relation avec X_0. On peut apprécier autrement cette « importance ». Par exemple, on peut calculer deux fois R : la première fois en utilisant X_1, X_2, X_3, la seconde fois en utilisant seulement X_1, X_2. En général, la seconde estimation sera inférieure à la première. La chute de R (ou plutôt, en termes de variance « expliquée », de R^2) sera un moyen d'évaluer l' « utilité » de X_3.

Il semble donc que l'analyse de régression offre un moyen de décrire, de différentes façons, l'importance de chacune des variables associées au résultat scolaire, et cela indépendamment de toute connaissance préalable et intuitive du contenu. On va voir que cette opinion est à nuancer de façon importante.

a) Choix des variables indépendantes

Dans l'équation de régression, le poids affecté à chaque variable tient compte des associations entre cette variable et toutes les autres. Il suffit donc de modifier la série des variables analysées pour que, en général, le poids affecté à l'une de ces variables change.

Or la décision de faire porter l'analyse sur une série de variables ou sur une autre n'est pas prise en général en utilisant une méthode formalisée. Elle est prise en fonction de ce que le chercheur croit savoir intuitivement et globalement sur les variables « intéressantes ».

b) Choix d'un ordre d'introduction de ces variables

Une fois prise une décision de principe sur la série de variables jugées « intéressantes », on peut dans certains cas, avoir une seconde décision à prendre, concernant l'*ordre* dans lequel ces variables seront introduites dans l'analyse.

On peut en effet organiser l'analyse de régression multiple selon un processus « pas à pas », séquentiel. On utilise d'abord un prédicteur, et la valeur de R est alors égale à la corrélation de ce prédicteur avec le critère. Puis, on ajoute un deuxième prédicteur, et on apprécie l'utilité de cette addition par l'accroissement de R (ou plutôt de R^2). Et ainsi de suite.

L'utilité ou l'importance d'un prédicteur est alors fonction de son rang d'introduction. En général, cette utilité ou importance sera d'autant plus grande pour un prédicteur donné qu'il sera introduit plus tôt.

Le problème est alors de savoir comment cet ordre va être choisi.

Il y a, à cette question, une réponse formelle qui se rapproche par son esprit de celle qui a été choisie dans l'analyse factorielle en composantes principales, pour localiser les facteurs successifs.

Ici, on peut décider que la première variable introduite sera celle dont la corrélation avec le critère est la plus forte. La deuxième variable sera celle dont l'introduction fournira l'élévation la plus grande pour R. Et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ne trouve plus de variable accroissant R de façon significative.

Le critère est donc un critère d'économie formelle : rendre compte de la plus grande partie de la variance de X_0 en ajoutant un nombre de variables aussi petit que possible à la première.

Il serait un peu naïf de considérer que ce critère est nécessairement le meilleur, en particulier parce que l'ordinateur sait l'appliquer sans aucune référence à une connaissance implicite du contenu.

Des raisons pratiques ou théoriques peuvent en effet suggérer un ordre différent de l'ordre formellement le plus économique.

Pratiquement on peut considérer que notre action pédagogique est comprise entre certaines limites, dictées par les conditions dont la modification échappe aux possibilités du pédagogue. On pourra donc introduire d'abord les variables qui échappent ainsi à notre contrôle, puis chercher dans quel ordre nous avons intérêt à introduire les variables sur lesquelles nous pouvons agir, ce qui nous indiquera dans quel ordre nous avons intérêt à entreprendre leur modification.

Théoriquement, nous pouvons penser que, parmi les prédicteurs, il existe des relations de cause à effet. Il est alors logique d'introduire la cause avant l'effet, même si le prédicteur effet est plus fortement lié au critère que le prédicteur cause.

IV. RÔLE DES CONTENUS DANS L'EMPLOI DES MÉTHODES FORMALISÉES D'EXPLICATION

1. Remarques sur le mot « explication »

Le chercheur a pour objectif d'*expliquer* les phénomènes, en pédagogie comme ailleurs. Mais quand peut-on dire qu'un phénomène est expliqué ?

Différentes réponses peuvent être faites à cette question très fondamentale, et nous ne pouvons entrer ici dans ce débat épistémologique.

Je considérerai qu'un phénomène est expliqué quand on a pu décrire et vérifier le ou les mécanismes qui le produisent. On peut se demander s'il existe, en pédagogie, des phénomènes qui aient été, en ce sens, expliqués. Beaucoup de pédagogues emploient cependant le mot, aussi bien parmi ceux qui manipulent des contenus non formalisés que parmi les chercheurs qui emploient la formalisation statistique. Les uns et les autres passent volontiers d'une relation d'association à une relation causale.

Cette confusion existe en particulier dans le vocabulaire de la statistique.

Si un test d'intelligence et une épreuve de mathématiques ont entre elles une corrélation de .50, on dira que l'une des variables « explique » 25% de la variance de l'autre. Le mot n'est pas à prendre ici avec son sens commun. Cette explication est une simple description : la variance de l'épreuve diminue de 25% si on la calcule seulement *au sein* de groupes de sujets ayant tous obtenus la même note au test.

Mais cela n'implique pas que nous évoquions un mécanisme de réussite en mathématiques dans lequel l'intelligence interviendrait avec un certain poids de 25%.

La preuve en est que l'énoncé est réversible et que la corrélation précédente nous permet aussi de dire, dans la même acception descriptive, que l'épreuve de mathématique explique 25% de la variance du test d'intelligence.

Ce qui vient d'être dit à propos de l'exemple simple de la corrélation s'applique aussi à l'analyse de régression, à l'analyse factorielle (un facteur « explique » tel pourcentage de la variance d'un test), et même à l'analyse de variance considérée indépendamment d'un éventuel plan d'expérience.

Dans tous ces cas, dans des formes différentes, on décrit des associations entre deux variables X et Y sans être capable de dire :

1) Si X explique Y (ou est cause de Y), ce que nous écrirons $X \longrightarrow Y$
2) Si $Y \longrightarrow X$
3) Si $Y \rightleftarrows X$
4) Si $Z \begin{array}{l} \nearrow Y \\ \searrow X \end{array}$

C'est seulement une information additionnelle qui permet de trancher.

Des méthodes formelles destinées à faciliter l'imputation causale à partir d'observations se sont développées. Elles n'imposent pas une impossible « randomisation » (Fisher). Elles ne s'appuient pas immédiatement et globalement sur des informations additionnelles intuitives.

Ce qui nous intéresse ici est qu'elles font cependant appel à de telles informations relatives aux contenus non formalisés et que la vraisemblance de leurs conclusions repose sur la vraisemblance de ces informations.

2. Épreuve formelle d'un schéma causal en termes de corrélations totales ou partielles

Lorsqu'on se trouve devant plusieurs variables, on peut faire une hypothèse sur la présence et le sens des relations causales pouvant exister entre elles.

Ces hypothèses (ou « schémas ») impliquent formellement des conséquences quant à la valeur prise par certains coefficients de corrélation totale ou partielle entre ces variables : en général, certains de ces coefficients sont nécessairement nuls si l'hypothèse est vraie. On peut alors estimer empiriquement ces coefficients et savoir s'il est vraisemblable que leur valeur vraie soit effectivement nulle. On valide ainsi le schéma dont il s'agit.

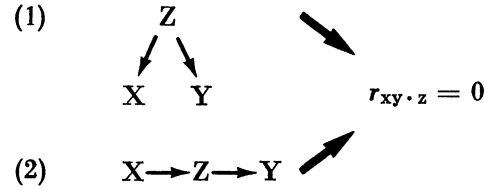
La littérature relative à ces méthodes est parfois hautement technique. On en trouvera des présentations relativement simples dans le chap. 5, par H. M. Blalock de l'ouvrage cité de Blalock et Blalock, et dans l'ouvrage cité de R. Boudon.

Ces schémas sont susceptibles d'un grand nombre de complications et de raffinements.

Bornons-nous à souligner que leur mise à l'épreuve appelle deux remarques.

a) *Des modèles différents peuvent conduire aux mêmes prédictions*

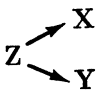
Exemple simple de deux schémas compatibles l'un et l'autre avec la même constatation empirique.



Dans les cas où une séquence temporelle existe, elle peut suffire à lever l'indétermination. Mais il n'en est pas toujours ainsi et dans bien des cas, c'est la connaissance implicite des contenus pédagogiques qui permettra de trancher. Le rôle des méthodes formalisées reste alors de *préciser* et de *limiter* les hypothèses entre lesquelles il va falloir trancher.

b) Il faut supposer que, parmi les variables non introduites dans l'analyse, il n'en est aucune qui soit en corrélation *à la fois* avec une variable prise pour cause dans l'analyse et une variable prise pour effet dans l'analyse.

On trouvera dans les travaux cités la démonstration formelle de cette condition. On en conçoit bien intuitivement la nécessité : une interprétation causale X → Y sera erronée (« erreur de spécification ») si nous ignorons l'existence d'une variable Z, extérieure à l'analyse et telle que



Cette condition définit de façon faible ce que l'on appelle un *système clos de variables.*

On voit qu'on ne peut être formellement assuré qu'elle soit remplie. Elle revient à supposer que le chercheur a du contenu du domaine qu'il formalise, une pré-connaissance intuitive suffisante pour inclure dans son analyse toutes les variables utiles. Ici comme ailleurs (notamment en A F), ce problème du choix des variables est essentiel pour la mise en œuvre d'une méthode formalisée et ne peut être résolu que par l'usage de connaissances non formalisées (avec possibilité d'approximations successives).

Cela est particulièrement vrai lorsque l'analyse porte sur des données d'*observation*, comme en pédagogie. La situation peut être largement différente dans les cas où les données sont recueillies par voie d'*expérimentation.* On peut en effet, dans ce cas, réaliser des systèmes clos de variables, des expériences closes *(self-contained)* en suivant les principes de Fisher, c'est-à-dire en rendant aléatoires les effets des variables non explicitées dans l'expérience.

La distinction entre analyse statistique de données d'observation et analyse de données expérimentales est importante. Il est très intéressant à cet égard de se reporter notamment à Wold (1956). La nécessité de faire intervenir beaucoup plus largement les connaissances générales relatives au sujet s'impose lorsqu'on traite des données d'observation, notamment en vue d'une analyse causale, parce qu'on ne peut dans ce cas, réaliser des systèmes clos de variables.

Cette condition de clôture est posée également par les autres méthodes formalisées d'imputation causale.

3. L'analyse de régression comme analyse causale

On peut montrer que, *dans un système clos de variables*, les coefficients β fournissent la force de la relation causale entre chaque variable indépendante et la variable dépendante (le « critère » est ici la variable dépendante ou variable *à expliquer*, les « prédicteurs » deviennent les variables indépendantes ou *explicatives*, le carré de la corrélation multiple R^2 devient la part de la variable à expliquer qui est effectivement explicable à partir des variables explicatives introduites dans l'analyse).

Wold a étudié l'erreur de spécification résultant du fait qu'une variable liée à la fois à la variable dépendante et à certaines variables indépendantes ait été omise.

On pourra sur ce point consulter également Darlington et Boudon.

Darlington, par exemple, reprend la condition de clôture déjà définie : « Toutes les variables susceptibles d'avoir un effet sur la variable dépendante se trouvent incluses dans l'équation de régression ou sont sans corrélation avec les variables qui s'y trouvent incluses ». Il en ajoute deux autres :
— « On inclut dans l'équation de régression des termes correspondant aux effets d'interaction ou de non linéarité. »
— « La variable dépendante n'a pas d'effet sur les variables indépendantes. »

On ne voit pas bien, de nouveau, comment le chercheur pourrait tenir compte de ces deux autres conditions autrement qu'en s'appuyant sur une connaissance préalable informelle du domaine sur lequel porte l'analyse formalisée.

L'analyse de régression permet ainsi, à ces conditions, une estimation quantitative de la force du lien causal. Dans une analyse séquentielle, cette force apparaîtra comme liée à l'ordre dans lequel les variables seront introduites dans l'analyse, comme il a été dit à propos de l'analyse de régression considérée comme méthode descriptive.

Mais alors que l'on admet facilement que des descriptions différentes du même objet puissent être faites en fonction de différents points de vue, il paraîtra peut être plus difficile d'admettre que le même mécanisme causal puisse, lui aussi, être analysé de façons différentes.

Peaker propose que l'importance causale d'une variable soit appréciée par le poids qu'elle prend lorsqu'elle est introduite en dernier rang. N'y a-t-il pas des cas où la connaissance du contenu permet d'affirmer que la variance commune à X et Y doit être rattachée à X (ou à Y) ?

Il paraît en être ainsi lorsque X et Y constituent un simplexe au sens de Guttmann: les facteurs de réussite en Y impliquent tous les facteurs de réussite en X, plus d'autres.

Exemple. Z : épreuve de problèmes,
X : épreuve d'additions,
Y : épreuve de multiplications.

On cherche les causes des différences de réussite dans les problèmes et, entre autres variables explicatives, on a envisagé le fait que l'élève sait plus ou moins bien exécuter les opérations arithmétiques.

Mais les facteurs de réussite des multiplications impliquent tous les facteurs de réussite des additions, plus d'autres.

Dans ce cas, il semble que l'on puisse considérer que la variance commune à X et Y appartient pédagogiquement à X. Il est alors « pédagogiquement » nécessaire d'introduire, dans l'analyse de régression X avant Y.

4. L'analyse du changement dans une corrélation au cours d'observations successives

Dans certaines recherches (sondages ou enquêtes par *panel*), on a mesuré deux variables (ou davantage) sur les mêmes individus en deux moments successifs (ou davantage).

Par exemple, dans une série de classes on a mesuré l'attitude du maître à l'égard des élèves et l'attitude des élèves à l'égard du maître, d'une part au début de l'année, d'autre part à la fin de l'année. Si la corrélation entre les deux variables a changé d'une date à l'autre, certains chercheurs pensent que l'on peut tirer de l'analyse de ce changement une indication sur celle qui est la cause du changement de l'autre.

Il semble que ce soit Lazarsfeld qui, en 1948, ait imaginé ce type de techniques (16 *Fold Table Technique*). On en trouvera plusieurs dans A. H. Yee et N. L. Gage (1968).

Les auteurs qui traitent de ces techniques ne mettent pas en évidence le fait qu'elles aussi exigent que, pour attribuer à leur résultat un sens causal, l'on ait des raisons de penser qu'il n'existe pas de variable extérieure à l'analyse et se trouvant en relation à la fois avec les deux variables.

Il semble cependant qu'une variable extérieure à l'analyse, liée aux deux variables X et Y entre lesquelles on étudie l'imputation causale par des liens de causalité de *forces inégales*, puisse susciter une évolution temporelle de r_{xy}, même en l'absence de tout lien causal direct entre X et Y : celle de ces deux variables qui dépendra le plus étroitement de la cause vraie Z paraîtra « engendrer » l'autre, au sens de la technique de Lazarsfeld.

On voit donc la grande généralité de cette condition de clôture pour que les techniques formalisées d'imputation causale fournissent des résultats nécessaires. Cette condition repose pratiquement sur une connaissance implicite du contenu pédagogique du problème.

V. CONCLUSION

A. *L'INTERVENTION DES CONTENUS IMPLICITES DANS LA MISE EN ŒUVRE DES MÉTHODES FORMALISÉES*

Des considérations implicites non formalisées relatives au contenu pédagogique interviennent ainsi dans la mise en œuvre des techniques formalisées qui caractérise la recherche pédagogique avancée.

Elles interviennent *avant* l'analyse proprement dite, et leur intervention à ce stade détermine la *validité* des résultats de cette analyse et leur *généralisabilité*. A ce stade, nous en avons décrit le rôle dans le choix des hypothèses (en particulier dans la structuration de plusieurs hypothèses en une hypothèse unique, dans la spécification d'un modèle causal), dans le choix des variables (en particulier en ce qui concerne la vraisemblance des interactions et surtout la plausibilité de la *clôture* d'un système de variables), dans le choix d'un niveau de mesure pour ces variables (nominal ou ordinal, par exemple) et dans le choix des opérations empiriques fondant cette mesure (regroupement des observations en classes au niveau nominal, choix d'une forme imposée de distribution au niveau des échelles d'intervalles).

Elles interviennent *pendant* l'analyse proprement dite, surtout pour offrir des critères « subtantiels » pouvant lever certaines indéterminations inhérentes aux méthodes d'analyse formelle autrement que par le recours automatique à des critères formels très généraux pouvant être dans certains cas pédagogiquement contestables (« simplicité », « économie »). C'est ainsi que des considérations substantielles implicites jouent un rôle dans la définition d'une population suffisamment homogène pour que sa description unitaire ait un sens. Les techniques de rotation en analyse factorielle peuvent ainsi faire intervenir la cohérence, la valeur heuristique, l'économie à l'échelle d'une population de variables définies implicitement. L'ordre d'introduction des variables indépendantes dans une analyse de régression séquentielle peut également obéir à des critères substantiels.

B. *CONSÉQUENCES*

Reconnaître ce rôle des contenus pédagogiques implicites dans la recherche formalisée entraîne des conséquences de différents ordres.

Certaines peuvent se situer au niveau technique. Il a été suggéré qu'il pouvait être utile de substituer, à l'épreuve de l'hypothèse de l'égalité de deux paramètres, l'épreuve de l'hypothèse suivant laquelle leur différence n'excède pas une quantité fixée. L'intérêt du calcul des effets en A V a été souligné.

D'autres conséquences se situent au niveau de la stratégie de la recherche : les connaissances substantielles antérieures à la recherche pourraient faire l'objet d'une pré-enquête utilisant des moyens appropriés : recours à plusieurs observateurs ou juges expérimentés, analyses de contenu, etc. C'est un peu ce qu'a fait Bloom à propos des objectifs de l'éducation. La nécessité d'une démarche récurrente procédant par approximations successives, devrait être plus clairement reconnue et surtout plus souvent pratiquée, en recherche pédagogique. En effet, si une recherche formalisée utilise nécessairement les connaissances implicites disponibles, les résultats de cette recherche doivent être, à leur tour, réinsérés dans ce corps de connaissances implicites. Ils sont susceptibles de le modifier quelque peu et, par conséquent, de modifier la base implicite d'où partira une nouvelle recherche formalisée.

L'influence de connaissances implicites nécessairement globales ne devrait pas orienter la recherche pédagogique vers la mise à l'épreuve d'hypothèses qui soient elles-mêmes globales, ou au moins d'une grande généralité. Ces hypothèses ont rarement une grande valeur heuristique. Si le rôle des connaissances communes était reconnu plus explicitement, il pourrait plus facilement être délimité. Une recherche travaillant surtout sur des observations, comme la recherche pédagogique, doit pouvoir, comme la recherche expérimentale, adopter ce que l'on a appelé la stratégie de l'artichaut : utiliser une suite d'hypothèses dont chacune soit assez simple pour que la mise à l'épreuve soit possible effectivement. La structuration d'ensemble de ces résultats partiels en théories plus générales devrait, dans l'état actuel de la pédagogie, être tentée seulement dans le contexte de nos connaissances implicites. C'est dire que chacune de ces tentatives resterait une hypothèse de travail ne pouvant être soumise à vérification expérimentale précise. Mais des théories générales différentes explicitement reconnues comme semi-intuitives, pourraient utiliser comme éléments la même série de résultats expérimentaux « ponctuels » solidement établis parce que d'un niveau suffisamment élémentaire pour être soumis à vérification formelle. Différentes constructions intuitives relevant de la connaissance implicite se distingueraient à la longue par leur valeur heuristique. Le progrès consisterait donc ici à distinguer plus clairement recherche formalisée et construction de systèmes, en reconnaissant que ni l'une ni l'autre de ces deux activités ne peut trouver dans l'autre son entière justification : la recherche formelle partielle ne peut s'attribuer le degré de généralité du système intuitif dont elle s'inspire ; celui-ci ne peut affirmer sa validité pour cette seule raison que *certaines* de ses déductions se sont révélées formellement compatibles avec des faits objectivement établis.

D'autres conséquences enfin concernent la *formation* des chercheurs en pédagogie.

Une connaissance solide des méthodes formalisées de description et d'analyse est une condition *nécessaire* à l'exercice de la recherche. Ces méthodes seules permettent que soient atteintes des connaissances cumulables. A cette raison essentielle s'en ajoutent d'autres : ces méthodes seules imposent une formulation des hypothèses qui soit suffisamment précise pour pouvoir éventuellement être démentie par les faits ; elles seules peuvent prendre le relai de l'intuition pour énumérer les conséquences vérifiables d'une hypothèse.

Pour toutes ces raisons, il n'est pas possible de faire de la recherche, notamment en pédagogie, sans connaître ces méthodes. Il ne suffit donc pas de décharger d'enseignement un professeur, aussi expérimenté soit-il, pour que cette décision *administrative* le transforme du jour au lendemain en cher-

cheur. La création ou le développement d'organismes de formation susceptibles de fournir un enseignement systématique est une nécessité vitale dans plusieurs de nos pays.

Mais si le praticien de l'enseignement ne peut devenir un chercheur en pédagogie en utilisant seulement les contenus informes de son expérience vécue, un mathématicien, spécialement un statisticien, ne peut non plus faire de la recherche en pédagogie en sachant seulement manier de façon cohérente des formes vides. En entrant dans le domaine de la recherche pédagogique, le logicien, le mathématicien ou le statisticien perdent nécessairement deux privilèges de leur premier métier: la liberté de ne pas définir les notions qu'ils utilisent; la seule soumission au critère de non-contradiction. Le chercheur en pédagogie manipule des notions pédagogiques, et il affronte donc nécessairement des problèmes de sémantique ; il doit se préoccuper de critères fondés sur les particularités des faits ou des actions pédagogiques.

Que l'on me permette d'ajouter que, si la formation d'un mathématicien qualifié ne suffit pas à en faire un chercheur en pédagogie, il en est *a fortiori* de même pour l'initiation à la statistique et à l'informatique qui constitue parfois tout le bagage des adeptes les plus naïfs des méthodes modernes de recherche en pédagogie. Ceux-là partagent sans doute, avec les enseignants les plus rétrogrades, la responsabilité de l'état médiocre ou lamentable dans lequel la recherche pédagogique se trouve dans beaucoup de pays.

Il est tout à fait souhaitable que des statisticiens qualifiés aspirent à devenir chercheurs en pédagogie. Il leur faudra acquérir une connaissance intuitive du contenu non formalisé des problèmes qu'ils auront à traiter.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Blalock H. M., Jr., et Blalock A. B., *Methodology in social research*, New York, McGraw-Hill, 1968.

[2] Boudon R., *L'analyse mathématique des faits sociaux*, Paris, Plon, 1967.

[3] Darlington R. B., "Multiple regression in psychological research and practice", *Psychol. Bull.*, 69, 1968, pp. 161-182.

[4] Lesser G. S., Fifer G., et Clark D. H., "Mental abilities of children from different social class and cultural group", *Monogr. Soc. Res. Child Develop.*, 30, 1965, n° 4 (Serie n° 102).

[5] Peaker S. F., *The presentation and analysis of the I.E.A. evidence*, Note multicopiée IEA/B/57.

[6] Winer B. J., *Statistical principles in experimental design*, New York, McGraw-Hill, 1962.

[7] Wold H., "Causal inference from observational data", *J. r. statist. Soc., G. B.*, 119, 1956, pp. 28-50.

[8] Yee A. H., et Gage N. L., "Techniques for estimation the source and direction of causal influence in panel data", *Psychol. Bull.*, 70, 1968, pp. 115-126.